JAXA's

［ジャクサス］ January 2011
宇宙航空研究開発機構機関誌

No.036

JAXA's No.036
宇宙航空研究開発機構機関誌

CONTENTS

表紙：温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」に搭載された雲・エアロソルセンサ（TANSO-CAI）がとらえた日本列島と、立川敬二理事長

INTRODUCTION

新春号のJAXA'sをお届けいたします。巻頭は立川敬二理事長と、本誌編集顧問であるノンフィクション作家の山根一眞さんとの特別対談。世界を沸かせた小惑星探査機「はやぶさ」の快挙から、2011年度のJAXAの取り組みまで語ります。その「はやぶさ」が持ち帰ったカプセルから、どのようなプロセスをへてイトカワ微粒子が確認されたのか、分析チームの責任者である藤村彰夫教授に話を聞きました。1月20日に打ち上げ予定の宇宙ステーション補給機「こうのとり」2号機の最新状況、一般向けにデータ公開が始まった温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」、さらに再起を期す金星探査機「あかつき」が撮影した金星の写真もご覧ください。地球の未来を生み出すために、JAXAは今年も前進を続けます。

世界遺産保存から有人宇宙開発まで

宇宙を利用し世界に貢献

立川敬二 JAXA理事長
×
山根一眞 「JAXA's」編集顧問 ノンフィクション作家

小惑星探査機「はやぶさ」の地球帰還、持ち帰ったカプセルからイトカワ微粒子確認。
2010年は日本中の人々が宇宙に釘付けになった年ではないでしょうか。
人類初の快挙達成の喜びをさらなる情熱にかえて、2011年、JAXAの新しい時代が始まります。
地球に生きるすべての命のために、宇宙に飛び出し未来を拓く。
JAXAの挑戦を立川敬二理事長に聞きました。

宇宙開発史に刻まれた「はやぶさ」の物語

山根　2010年は「はやぶさ」で日本中が熱くなった記念碑的な年になりました。JAXAの成果に国じゅうが感動し、あれほどまでに熱中したのは日本の宇宙開発史上、初めてでした。

立川　05年頃に行ったアンケート調査で、「日本の宇宙開発を担当している組織は?」という質問への正解率は10%に満たなかったんですが、「はやぶさ」の地球帰還でJAXAが広く知れ渡ったことは間違いなく、何とも嬉しいですね。

山根　でも、地球帰還を確信していた人は少なかった?

立川　9割は無理だと思っていたのでは。山根さんは、そんな中、はやぶさカプセル回収地の豪州へよく行きましたね。

山根　10年6月5日の午後、「はやぶさ」は地球帰還のための3回目の軌道補正（TCM-3）を行いました。その成功を相模原市の宇宙科学研究所で見届けた時、「帰還できるぞ!」と直観したんです。この時の「はやぶさ」の地球への距離は約360万km、地球と月の距離の約9倍も遠かった。にもかかわらず、これほどの精密軌道制御ができたことに感動しました。そこで、その場で豪州行きを決めたんですよ。

立川　私は、あの大気圏再突入はJAXA東京事務所のコントロールルームで見守っていたんですが、何度も「もうダメか」ということがあったので、正直、成否は半々だろうと思っていました。

山根　あれま。

立川　私はいつも冷めているので。

山根　つねに冷めているくらいでなければJAXA理事長は務まらない?

立川　何が起こるかわからないのが宇宙開発。細かいことにあわてふためいていたのではトップは務まりません。宇宙に出た衛星や無人の宇宙船、探査機は、トラブルが起これば人の手が届かないので、運用の継続は一気に難しくなる。そこで終わりとなることも多い。世界のどの宇宙機関でもこれは同じ。そう考えると、「はやぶさ」はよく粘ってくれました。

山根　そして11月16日、カプセル内の約1500個もの微粒子が『イトカワ』由来であるという待ちに待った発表。歓喜しましたよ。でも10μmとか、ずいぶん小さい粒だった。

立川　ところが分析を担当した「ナノテクノロジスト」によれば、「大きいですね」と。ナノサイズの物質を扱っている専門家にとっては100倍から1000倍は大きい。「こんなに大きいので楽でいい」と（笑い）。これから、日本、そして世界の専門の科学者たちが手分けして分析をしてくれます。分析結果も11年の春までには出始めるはず。太陽系の誕生と進化に関する大発見があるかもしれません。何が出てくるか、期待していてくださいね。

山根　「カプセル」は、11年のお年玉袋みたいです。微粒子が「イトカワ」起源であると確認できたという発見には、「つねに冷めている」立川さんもさすがに熱くなった?

立川　「入っている」という話は事前報告を受けていましたが、微粒子の分析にはNASA（アメリカ航空宇宙局）の専門家も立ちあっていて「間違いない」と。始原天体である小惑星の物質を持ち帰るという人類史に残る初成果をJAXAがなしとげたわけです。「はやぶさ」の人類初の成果をふまえて、より前向きにJAXAの今後の取り組みを考え直す必要もあると感じています。

山根　「はやぶさ」に続く金星探査機「あかつき」にも大きな期待が寄せれていましたが、残念な結果になりました。

立川　国民の皆さんのご期待に添えない結果となり、大変申し訳なく思っています。「あかつき」も「はやぶさ」同様、構想から10年以上の準備を重ねての挑戦で、各国からの期待も大きいミッションです。トラブルは、世界トップ水準の観測機器にあったわけではないことがわかってきているだけに、いっそう無念の思いです。

山根　推進系という、思いもかけない部分のトラブルの可能性があるとのことですが?

立川　地上での実験も含め先入観を捨てて徹底したトラブルの原因解明を行います。「あかつき」との通信は確保できていますので、「あかつき」が6年後に再び金星に接近する時に再挑戦できるかどうかの検証も進めます。

山根　観測機器の状態を確認するために「あかつき」が撮影した金星の画像にはグッとくるものがありました。

立川　観測チームは、あの写真を手にしていっそう、無念の思いをかみしめました。時間的にも人的にも、そして財政的にも大変な労力をそそいできたミッションですので、これまでの努力が無駄にならないよう今後に活かしていく決意です。

山根　多くの国民から、そしてマスメディアからも、「トラブルにめげずにさらなる挑戦をしてほしい」という声援が大きかったですね。これまでの宇宙開発での失敗とは異なった前向きな世論です。

立川　数多くの機器の故障やトラブルにもかかわらず地球帰還を果たした「はやぶさ」の成功のおかげもあったと思います。我々の努力に対してそれほどまでのご理解やご支持をいただいていることに、JAXA一同、胸が熱くなるほどの感謝を覚えています。

山根　日本の宇宙開発は、NASAの10分の1という限られた予算、そしてはるかに少ない人員の中で、よくぞここまできたなと思っています。今年50周年を迎えた国際宇宙航行アカデミー（IAA）が、人類の宇宙開発史上の7大成果のひとつとして「はやぶさ」を描き込んだロゴを発表したという報せもありましたね。私は種子島での打ち上げにもしばしば行っていますが、この数年、ロケットの打ち上げ精度も格段に進化しているという印象です。

立川　かつては技術的な小さなトラブルで打ち上げ延期が結構ありましたから。でも最近の打ち上げ延期の原因は天候不順のみ。打ち上げ後、宇宙に出てからの軌道補正もわずか。搭載している燃料消費量が少なくてすむため、衛星の寿命が延びる結果になってしまうのはちょっと……。

山根　それ、何かまずい?

立川　商業衛星では経済的な利点になりますが、技術実証衛星では計画寿命の延長はオペレーションのコストの予算オーバーを意味するわけです。日本の宇宙技術がかなりいいレベルに到達してきたということではあるんですが。

山根　かつては口にもできなかった「贅沢すぎる」悩み。

日本の技術力を世界に示したISS建設、運用ミッション

立川　世界の宇宙開発に目を向けると、10年は国際協力で建設を進めてきた国際宇宙ステーション（ISS）が完成した年でもあるんです。08年にやっと打ち上げた日本の実験棟「きぼう」（JEM）も09年には完成しました。

山根　よくぞ完成にこぎつけましたね。ISSは、日、米、露、カナダ、欧州（11カ国）が協働して、宇宙というまったく新しい空間に国境のない世界を創造したという、人類文化史上、画期的な仕事だと考えています。

立川　おっしゃる通り。ISSの建造の開始後、参加国間での戦争や国際紛争は皆無。宇宙進出は世界平和実現の道でもあるんです。

山根　私、まさにその新しい人類史の第一歩を見届けなくてはと、98年にカザフスタンのバイコヌール宇宙基地での第1回目の資材打ち上げ、そしてアメリカでの第2回目の打ち上げにも行っているんです。

立川　それは筋金入りだなぁ。ISSを人類の新しい文化の創造の場にしようとしてきたが、それを率先してやってきたのも日本なんですよ。理工系の実験だけでなく、人文科学や社会科学のテーマにも取り組んできたんです。

山根　しかしISSは、スペースシャトル「コロンビア」の事故などで完成が遅れたため、運用期間の延長が望まれていましたね。

立川　その延長をいち早く決めたのも日本なんです。欧州宇宙機関（ESA）やカナダ宇宙庁（CSA）より早かった。

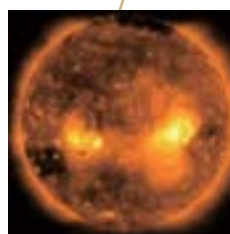
山根　世界での日本の存在感が縮んでいる時代だけに嬉しい話。

立川　「はやぶさ」の成功、ISSも将来への文字通り「希望」が得られた。(※ISSの日本実験棟の名前は「きぼう」）こういう成功をこれからどういうかたちで「文化的な成果」へとつなげていくかが、勝負どころです。

第2期中期計画中のJAXAの主なイベント

2006年1月に打ち上げられた陸域観測技術衛星「だいち」は、災害発生時に国内外からの要請に応じて観測データを提供している。また、2008年4月に世界銀行との協力により気候変動対策強化への貢献開始。加えて同年12月、ユネスコとの世界遺産監視に関する協力を開始した。

2010年4月17日のエイヤフィヤトラヨークトル氷河（アイスランド）の火山噴火の観測

2006年9月に打ち上げられた太陽観測衛星「ひので」により、太陽活動や磁場構造の変動を動画的にとらえることに成功。軌道天文台として世界第一級の科学データを提供し、2008年度には約1000の学術論文が生み出された。

X線望遠鏡（XRT）で観測した太陽
©NAOJ/JAXA

2007年9月に打ち上げられた月周回衛星「かぐや」は科学ミッションについて当初の観測目的を達成し、2008年11月に後期運用段階に移行。「かぐや」がとらえた月の裏側の「モスクワの海」画像が「サイエンス」の表紙を飾る。その成果は数々の賞を受賞し国内外から高い評価を得た。ハイビジョンカメラによる「満地球」の映像などにより宇宙開発利用の普及、啓発にも貢献した。17カ月余りにわたり月の全球を観測し、2009年6月に月面へ制御落下。

「かぐや」ハイビジョンカメラ（望遠）による「満地球の出」の撮影画像
©JAXA/NHK

国際宇宙ステーション（ISS）の「きぼう」日本実験棟は、2008年3月に土井隆雄宇宙飛行士が船内保管室を、同年5月に星出彰彦宇宙飛行士が船内実験室とロボットアームを、そして若田光一宇宙飛行士により船外実験プラットフォーム及び船外パレットが取り付けられ、2009年7月に完成。若田光一宇宙飛行士が2009年3月から約4・5カ月間ISSへ長期滞在し、日本による本格的な宇宙環境利用実験が始まった。続いて野口聡一宇宙飛行士が2009年12月から約5・5カ月間長期滞在し、子アームの組立や取り付け、タンパク質結晶生成実験など様々なミッションを行った。2010年4月には山崎直子宇宙飛行士が15日間ISSに滞在し、その期間は史上初、日本人宇宙飛行士が宇宙に同時に2名滞在した。

船外実験プラットフォームが取り付けられた「きぼう」日本実験棟

実験中の野口宇宙飛行士

ラックの移設準備作業をする山崎宇宙飛行士

2009年1月に温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」を打ち上げ、初期機能確認実施。相乗り衛星として小型実証衛星1型（SDS-1）を打ち上げ、小型通信装置等の新規技術の軌道上実証を開始。「いぶき」の温室効果ガス（二酸化炭素・メタン）観測については初期の目標を上回る観測精度を達成し、詳細な季節変動観測を実現。この成果により「第19回日経地球環境技術賞」（日本経済新聞社）を受賞。2010年10月、「いぶき」の輝度スペクトルデータ及び画像データの一般提供開始。

立川敬二
TACHIKAWA Keiji
宇宙航空研究開発機構（JAXA）理事長。
1962年東京大学工学部電気工学科を卒業、日本電電公社（現在のNTT）入社。
1978年、米マサチューセッツ工科大学経営学部修士コース終了。NTTアメリカ社長などを歴任、
1998年にNTT移動通信網（現NTTドコモ）代表取締役社長に就任。
2004年6月から同社相談役。同年11月15日、JAXA理事長に就任。
2001～2004年11月まで宇宙開発委員会の非常勤委員。工学博士。

山根一眞
YAMANE Kazuma
「JAXA's」編集顧問。ノンフィクション作家・獨協大学特任教授。
日本のモノ作りの底力を解き明かす『メタルカラーの時代』を
1991年から2007年まで17年間、約800回にわたって週刊誌連載。
近著に小惑星探査機「はやぶさ」の打ち上げから地球帰還までを
綿密な取材で追った『小惑星探査機　はやぶさの大冒険』（マガジンハウス）がある。

山根　宇宙で「文化系の創造」というと、何のことと思う人もいる？

立川　文化的な活動はお金で計れるものではないので、理解しにくいかもしれません。日本は、無重力下で水球に色を流し込み模様を描く、振動によって水の造形を試みるなど数え切れないほどのまったく新しい宇宙芸術活動の試みもしています。11年にISSに長期滞在する古川聡宇宙飛行士も、さまざまな準備をしていますよ。次期宇宙飛行士も理工系に限らず文科系の方の採用も検討しています。

山根　お、私も応募を……、いや年齢制限でダメだわ（笑い）。

立川　10年は野口聡一、山崎直子両宇宙飛行士がISSでの使命を立派にこなしてくれましたが、実は日本では宇宙飛行士は不足しているんです。09年に、大西卓哉、油井亀美也、金井宣茂という3人の宇宙飛行士候補者を選定しましたが、これからの日本の宇宙開発を考えるとぎりぎりの人数なんです。

山根　そうなんですか。子どもたちにとって宇宙飛行士は憧れの存在だけに、日本の宇宙飛行士が活躍できる機会をさらに増やしていただきたいです。という思いの先には、日本独自の「有人宇宙」が見えてきますが？

宇宙技術で市場開拓 日本と世界を元気に

立川　「有人化」はやりますよ。ISSへ物資を輸送する宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）の成功がベースにあるので、技術的なハードルはかなり低くなっていますし。

山根　11年にスペースシャトルが引退。「こうのとり」の使命はきわめて大きいですが？

立川　毎年1機ずつ打ち上げます。しばらくはISSに物資を届けたあと大気圏に再突入し燃焼処分しますが、「はやぶさ」で証明したように大気圏再突入の高熱に耐える高度技術も日本は持っています。これをベースにした有人宇宙船の検討を進めています。「こうのとり」は、宇宙飛行士のISS往復に使っているロシアのソユーズ宇宙船より大きいですし。

山根　先日、名古屋で三菱重工の「こうのとり」の組立現場を見せてもらいましたが、巨大なサイズにびっくり。若いエンジニアたちの情熱もひしひしと感じました。

立川　世界でも「こうのとり」に対する評価はきわめて高い。NASAのボールデン長官から「お金がないからとやめてもらっちゃ絶対に困る」と釘をさされています。

山根　ところで、11年度はJAXAの第2期中期計画（08年～12年）の後半に入りますが？

立川　宇宙開発はそう何もかもが順調にゆくものではない。挫折がつきものであることも世界の宇宙機関共通です。日本の「いぶき」との連携を前提にNASAが打ち上げた温室効果ガス観測衛星「OCO」は、打ち上げに失敗して南極海に墜落しました。あのNASAですら失敗は少なくない。われわれも「あかつき」でその苦渋に見舞われました。しかし、JAXA全体を俯瞰すると、確実に実力をつけてきているという評価はいただいています。

山根　陸域観測技術衛星「だいち」、温室効果ガスを観測する「いぶき」、日本版GPSである「みちびき」など、すでに運用に入っているミッションはとても幅広い。

立川　「だいち」は、世界各地で発生する大規模災害では必ずといっていいほど詳細な観測データを提供して感謝されています。

山根　巨大噴火や洪水で必ず「だいち」の画像が出るのは見事。

立川　08年にはユネスコから「世界遺産保存」のための協力依頼を受け、取り決めを締結しました。

山根　それも、宇宙技術の文化貢献だ。「だいち」は「出前迅速、各種調整いたします」ですね。

立川　ラムサール条約事務局とは、水鳥が集まる湿地帯保全のための宇宙からの監視に係る協定の締結も。アマゾンの熱帯森林の違法伐採監視のための情報提供も進めています。

山根　そのアマゾンに行ってきたんですが、「だいち」のデータが非常に役立っていました。

立川　11年は、水循環変動観測衛星（GCOM-W1）も打ち上げます。「水」は21世紀の最大の問題ともいわれていますから、これも世界の期待が大ですね。

山根　JAXAの地球観測衛星が得ているデータは膨大でこれからもどんどん増えていきますが、反面、十分に活用できていないのではという指摘もあります？

立川　きちんとしたデータベースは構築しているんですが、データを有効活用するための処理には大変な時間がかかり、費やすマンパワーとコストはきわめて大きい。JAXAは宇宙から貴重なデータを得るのが本来の任務なので、データの利用や解析は別組織で分担していただくのが理想なんです。

山根　そうか、海に出て魚を獲ってきた漁師は、本来は魚の料理や販売まで担うものじゃない。

立川　そうです。アメリカでは、衛星やロケットの開発・運用はNASAが担い、得た地球観測データを蓄積・活用しているのはNOAA（米国海洋大気庁）です。少なくとも地球観測データを一括して扱う強力な組織、日本版のNOAAをぜひ実現してほしいと訴えているんです。

山根　「はやぶさ」の地球帰還後、宇宙関連メーカーの貢献も大きく報じられましたが……。

立川　ロケットや衛星の開発製造メーカーは次々に撤退して主要メーカーは今では2社のみ。日本だけでは宇宙ビジネスの市場が小さいためですが、これからは各社さんの仕事が増えないとね。

山根　望ましい道は？

立川　世界に日本の宇宙技術を売ろうという意欲が大きくなっているんですよ。アメリカは障壁が大きいこともあり欧州をターゲットに。欧州の宇宙市場は日本の4倍の規模ですから。

山根　「宇宙」は国次第という面が大きいですが、立川さんが理事長に就任されてから、確か、総理大臣の交代が6回ありました。宇宙予算のつき方も政権によって大きく変わるのでは困ります。

立川　08年に宇宙基本法が成立し宇宙庁の発足の可能性も取り沙汰されましたが、残念ながら具体的な動きはこれから。日本の宇宙への取り組みの地固めを、国民の皆さんの同意を得ながら熱い思いで進めていただきたいと願っています。JAXAでは、今、一層気をひきしめて、そして熱い思いで前進してくぞという決意ですので。

第2期中期計画中のJAXAの主なイベント

2008年4月から2009年2月にかけて
ISSに搭乗する宇宙飛行士候補者の募集・選抜を10年ぶりに実施。油井亀美也、大西卓哉、金井宣茂の3名を選抜。宇宙飛行士候補者として採用。

左から油井、大西、金井宇宙飛行士候補者

地球から2億5千万光年かなたのペルセウス座銀河団を
X線天文衛星「すざく」（2005年7月打ち上げ）で観測した結果、クロムとマンガンからのX線を検出したことを2009年11月に発表。宇宙の元素合成の歴史を探るうえで貴重な手がかりとなった。

可視光で見た
ペルセウス座銀河団

2010年2月、
乱気流などを飛行中に計測できる「航空機搭載型ドップラーライダー」の研究開発を今後の実用化を視野に入れて発展させていくために、ボーイング社と「乱気流検知システム」に関する共同研究契約を締結。

2010年4月、
「HTV・H-ⅡBロケットの開発」が第39回日本産業技術大賞において文部科学大臣賞を受賞。

2010年5月、
金星探査機「あかつき」打ち上げ。地球環境の成り立ちと行く末を読み解く手がかりを求め、地球の双子惑星ともいわれる金星の気候の仕組みを探る。相乗りで打ち上げられた小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」は世界で初めて宇宙でのソーラーセイルの展開、薄膜太陽電池による太陽光発電、および分離カメラによる探査機全景の撮影に成功。太陽光圧による加速・航行技術実証、液晶デバイスによる姿勢制御に成功したのも世界初。

自身から放出した
分離カメラ（DCAM）が
撮影した「IKAROS」

金星探査機
「あかつき」

2003年5月に打ち上げられ
7年間の旅を終えた小惑星探査機「はやぶさ」が2010年6月地球に帰還。小惑星「イトカワ」のサンプルが入ったカプセルを地球へ持ち帰った。

大気圏再突入時の「はやぶさ」の火球と、
相模原キャンパスで帰還を見届ける人々

2010年9月、
準天頂衛星初号機「みちびき」打ち上げ。準天頂衛星システムが実現すれば、常に1機の人工衛星を日本上空に配置できることとなり、山や高層ビルに影響されずに日本全土をほぼ100%カバーする高精度の衛星測位サービスの提供が可能になる。

2011年1月20日、
宇宙ステーション補給機（HTV）「こうのとり」2号機打ち上げ予定。食糧や衣類、各種実験装置など最大6トンの補給物資をISSに送り届ける。スペースシャトルの退役が2011年に予定されていることから、船内、船外どちらの物資も輸送できる補給機として国際的に重要性が高まっている。

2011年度前半、
古川聡宇宙飛行士がISSに向けて出発予定。約6カ月間滞在し、「きぼう」日本実験棟での実験など、宇宙環境の利用に重点を置いた活動を行う計画。

2011年度、
水循環変動観測衛星「GCOM-W1」打ち上げ予定。地球規模での気候変動、水循環メカニズムを解明するため、降水量、水蒸気量、海洋上の風速や水温、陸域の水分量、積雪の深さなどを長期的に観測する。

イトカワの微粒子は、いかに「キャッチ」されたか

——藤村彰夫教授に聞く

ノンフィクション作家・山根一眞

「微粒子は『イトカワ』起源のものと判明しました」

2010年11月16日の発表は社会に大きな衝撃をもたらした。「はやぶさ」が持ち帰ったカプセル内に大量に入っていた微粒子は、小惑星「イトカワ」から持ち帰られたものだった。

「はやぶさ」のプロジェクトマネージャ、川口淳一郎教授はミッションの各段階での目標を記した500点満点の「達成簿」を作成していた。「イオンエンジン稼働開始」、「サンプル入手」まで8項目が記された「達成簿」は、10年6月13日の「はやぶさ」のカプセル回収成功（400点）で止まったままだったが、今回でついに「500点満点」となり、見事「はやぶさ」はゴールテープを切ることができた。

電子顕微鏡で確認できたのは約1500個の微粒子で、各サイズは0・01㎜以下だった。11月29日、さらに光学顕微鏡で観察できる微粒子（最大0・1㎜）数百個以上の発見も発表。月以遠の惑星からのサンプル入手は人類初の快挙で、今後、内外の研究者による分析によって太陽系の起源や生命誕生の解明など、はかりしれぬ成果が期待される。

10年6月14日、豪州のWPA（ウーメラ砂漠の立入禁止区域）で回収された「はやぶさ」の「カプセル」は、6月18日の未明、相模原市の宇宙科学研究所内のキュレーション施設に運び込まれた。サンプルの取り出しと初期の分析、分類、データベース化を行い、サンプルを内外の研究者へ配付するための施設だが、最先端の半導体工場なみのクリーンルームでは、サンプルも情報も厳重な管理下におかれ、どう微粒子が発見されたのかについてもベールに包まれたままだった。宇宙科学研究所のキュレーション施設担当の藤村彰夫教授（固体惑星科学研究系）にカプセル内の微粒子確認の経緯を聞いた。

「これが、微粒子が入っていた『サンプルキャッチャー』です。この部分を、特別に作ってもらったテフロン製のヘラで掻き出して、電子顕微鏡で見たわけです」

藤村教授は現物とまったく同じ構造の「サンプルキャッチャー」のレプリカを、手術用手袋をはめた手に持って示してくれた。焼け焦げ跡が生々しい「ヒートシールド」がトラック、「カプセル」がトラックの荷台だとすれば、「イトカワ」の微粒子はそのトラックの荷台にセットされた荷物ケース「サンプルコンテナ」の、さらにその中の小さな容器に相当する「サンプルキャッチャー」に収められていた。

「イトカワ」の「岩石のかけら」を持ち帰ることがミッションだと聞かされてきたため、それを収める容器もある程度の大きさがあるものと私は思っていた。だが、手術用の手袋をしてそっと手にした円筒形の「サンプルキャッチャー」は直径約5㎝高さ約6㎝ほど。びっくりするほど小さく、軽かった。ウィスキーのショットグラス程度だろうか。しかし構造はかなり複雑だ。

円筒容器「キャッチャー」の側面中央には丸い開口部がある。「イトカワ」にタッチした際にはこの開口部が下向きになっており、その先が「サンプラーホーン」に続いている。「サンプラーホーン」先端が「イトカワ」表面にタッチし、内部を舞いあがってきたサンプルが、開口部から「キャッチャー」内部に導かれる。この開口部の内側には、さらに小さなスリット付きの円筒が取り付けられており、サンプルがB室に振り分けられる。

「この回転部分は、酸化被膜を施したジュラルミン（アルミ合金）の表面にテフロンをしみ込ませて滑りやすくしてあります」（藤村教授）

2回目のサンプル採取前にはスリット付きの小さな円筒が回転し、今度はサンプルを反対側のA室に送り込む。キャッチャーのフタに近い側がA室で、底側がB室ということになる。A室B室それぞれの容積もせいぜい京都土産の七味唐辛子の容器ほどだろうか。

この持ち帰り容器の大きさは、想定していたサンプルのサイズが、きわめて小さいものだったことを物語る。

「そうです。せいぜいザラメ糖のようなものを、多くても1～2g程度という想定でした」（藤村教授）

100分の1㎜の微粒子が1500個以上、さらに10分の1㎜程度のものが数十個以上入っていたのは、想定よりちょっと小さかったが大成果だったことになる。

「サンプルキャッチャー本体は、強度が求められるためジュラルミン（アルミ合金）製で、ネジはステンレス製のものを使っています。容器内部には純アルミを蒸着しています。地球由来の物質が混ざったとしても、その量や種類（元素）をできるだけ少なくしたいからです」（藤村教授）

キュレーション施設内のクリーンルームで初めてこの「キャッチャー」を開けた時にはそれらしいものは何も見えず、アルミ蒸着の被膜が輝きを放っていた。

「とてもキレイだったので、チームは相当がっかりしました」（藤村教授）

しかし、肉眼では見えない微粒子を想定し、それらを掻き取るためにテフロン製の特製の「ヘラ」の製作を電子顕微鏡メーカー（日立製作所）に依頼。「ヘラ」は先端部分の幅が約5㎜という小さいもので、ナイフの刃のようなエッジを先端と側面に持つ。キャッチャーの内壁をこの「ヘラ」でそっとこすることで、目には見えない微粒子が樹脂にくい込むように付着していることを期待し、先端を電子顕微鏡でチェックしてきた。そして1500個以上の微粒子を確認したわけである。

もっとも、見つかった微粒子にはアルミニウムの微粒子も約1800個が混じっていた。これはアルミ蒸着部分などがごくわずかはがれ落ちたもので、予想の範囲内。ただし電子顕微鏡（FE-SEM）で微粒子をひとつひとつ観察、分析するために時間がかかったのは当然のことだ。

11月29日、さらに最大0・1㎜という大きな微粒子を数百個以上発見したという発表があった。「トントンと叩いたところこぼれ落ちた」と伝えられたが、決して思いつきで叩いたのではなかった。フタが閉じられたままの反対側（底側）のB室を調べるため「キャッチャー」の天地をひっくり返す必要があった。

「人工石英の皿でA室の開口部を押さえ、逆さにしてちょっと叩いたのです。元に戻して見ると、何となく皿の表面が曇っているように感じられた。顕微鏡で確認すると、思いがけず大きい微粒子が落ちていたわけです」（藤村教授）

今後、まだ蓋を開けていないB室からさらに大量の微粒子が得られることが期待されている。キャッチャーに入りきらずこぼれた微粒子が存在する可能性もあるという。そうした作業は、まだこれからだ。

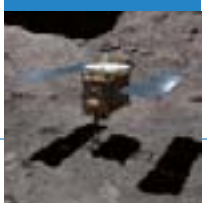
また、こうして得られた微粒子は、人工石英で出来た26㎜×40㎜、厚さ1㎜のスライドグラスに載せて分類・整理が行われる。スライドグラスの表面にレーザーで1・5㎜間隔の方眼を刻み、番地を振って、その中央に凹みを作っておき、そこに1つずつ微粒子を置いていく。微粒子は静電気によって密着するのでこぼれ落ちることはない。そうした整理分類の後、国内の大学の研究者で組織された「初期分析チーム」に配布されることになっている。

チリやホコリを完璧にシャットアウトした3重のクリーンルーム内で、肉眼では見えない微粒子を1つ1つ調べるという約5カ月の神経をつかう作業には、藤村教授自らが中心となり関わってきた。微粒子がたくさん見つかり、「イトカワ」起源であると確認できた喜びは大きかった。見守っていたNASAのキュレーターや科学者などからも「エクセレント！」という声があがったという。

地球という惑星の深部、マントル内の高温高圧下の岩石研究を手始めに、固体惑星科学の分野を専門とするようになった藤村教授にとっても、そして多くの国民にとっても、確実に得られることになった人類初の科学的大発見が待ち遠しい。

藤村彰夫
FUJIMURA Akio
宇宙科学研究所
固体惑星科学研究系教授

サンプルキャッチャーのレプリカ

「イトカワ」のサンプルを守り通したカプセルの構造

2005年11月の計2回のタッチダウンで、サンプルキャッチャーのA室B室にサンプルを回収。その後、化学エンジン燃料漏えいによる故障で通信が途絶したが、06年1月に地上との通信が一部復活。かろうじて生き残っていた電池を数カ月かけて充電し、07年1月にカプセルのフタ閉めに成功。

小惑星イトカワ

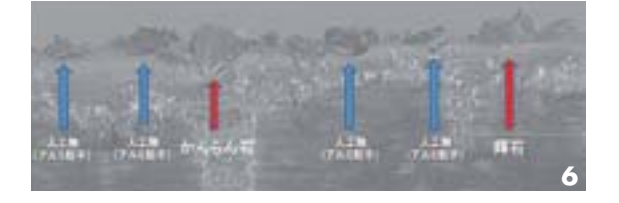
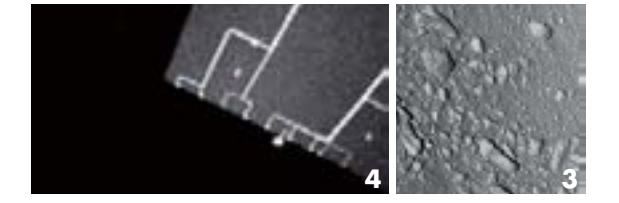
半導体工場なみの清浄さに保たれた室内に、サンプルを扱う密閉容器「クリーンチャンバー」が設置されている。チャンバー内部での試料のハンドリングは、グローブ（本体から飛び出た黒い風船状の物体）を介して行う

ナノメートルの「イトカワ」に迫る。

数億キロメートルから数センチメートルのオーダーまで、7年の長旅の間にわれわれはさまざまなスケールで「イトカワ」を見つめてきた。赤外線天文衛星「あかり」の観測（写真**1**）、探査機「はやぶさ」搭載のカメラでの精査（**2**、**3**）。小型ローバー「ミネルバ」は地表面からの撮影にもチャレンジした（**4**はミネルバが撮影したはやぶさの太陽電池パネル）。

今回、イトカワの表面サンプルの回収に成功したことで、観察のスケールはミリメートルからマイクロメートル、さらにナノメートルのオーダーに迫ろうとしている。まさに「パワーズ・オブ・テン」※の世界がここに実現しているわけだ。

相模原キャンパス内にある惑星物質試料受け入れ（キュレーション）設備では、細心の注意のもとサンプルのカタログ化作業が行われている。「人類共通の財産」であるこれらのサンプルから、太陽系誕生時の手がかりを読み取るための分析の旅は、まだ始まったばかりだ。

※宇宙から素粒子まで拡大率を10倍刻みで変化させながら描いた短編科学映画の名作。1968年米。

5／光学顕微鏡で確認された微粒子　**6**／イトカワ由来と確定した岩石質の微粒子　**7**／クリーンルームに同時に入れるのは最大10名までとの制限がある。クリーンチャンバーを前に、サンプルのハンドリングに関わった研究者たちによるセルフタイマーでの記念撮影

未来を運ぶ輸送船 羽ばたけ！「こうのとり」

2011年1月20日、国際宇宙ステーション（ISS）へ宇宙ステーション補給機「こうのとり」2号機が飛び立ちます。若手メンバーも多数加わり、09年に打ち上げた「こうのとり」1号機での経験をもとに準備は着実に進行中。HTVプロジェクトチームの麻生大ファンクションマネージャに、今回の輸送品から、前回の運用との違いまでを聞きました。

麻生 大
ASO Dai
有人宇宙環境利用ミッション本部
HTVプロジェクト ファンクションマネージャ

HTV全体の重心を考えて荷物の配置を綿密に計算

——「こうのとり」2号機と、「こうのとり」1号機とで違っているところはどこですか。

麻生 細かいところを別にすれば与圧キャリアです。工夫をしてカーゴを多く積めるようにしました。技術実証機では重量で4・5トンを運びましたが、2号機からは6トン運べるようになりました。全体の重量は16・5トンで変わっていません。

——今回、与圧キャリアにはどんなものを積んでいくのでしょうか。

麻生 まず大きいのは、「きぼう」日本実験棟で使うJAXAの実験ラックですね。温度勾配炉と多目的実験ラックの2個を積んでいきます。それからCTB（カーゴトランスファーバッグ）用の棚が6個あります。クルーの日用品ですとか、実験機器、国際宇宙ステーション（ISS）で必要なシステム機器などを入れてこの棚に収めます。

——実験ラックのような大きなものは、もう「こうのとり」以外では運べないんですよね。

麻生 スペースシャトルが引退すると、このサイズの実験ラックはロシアのプログレス補給船でもヨーロッパのATV（欧州補給機）でも運べません。ハッチを通りませんので。

——CTBを棚に収めていく上で苦労されたことはありますか。

麻生 CTBは基本単位となる寸法が決まっていて、それに対して半分とか2倍とか3倍というようないろいろなサイズがあります。したがって、これらを棚に入れていくのはジグソーパズルみたいなものなのです。うまく組み合わせて、しかも「こうのとり」全体の重心がきちんと規定内に収まるようにレイアウトしなければいけません。カーゴの中にはたとえば規定より3cm大きいものがある。3cmなんてと思われるかもしれませんが、これでは棚に入らない。ですからカーゴのオーナーに「中のクッション材を少し抜いてください」と頼んだりします。逆に小さ過ぎると、今度はベルトを掛けた時にスカスカになって固定できない。そのときにはスペーサーと呼ばれるすき間埋め材を入れるんです。サイズがまちまちのカーゴを、きちっと棚のサイズにそろえるというのが苦労するところです。

——そうですか。宅配業者さんみたいな仕事ですね。

麻生 はい。私たちは宅配業者に徹していますから。

——曝露部にはどんなものを積んでいきますか。

麻生 今回はアメリカのカーゴが2つ積まれます。ISSの電力分配機とか、アンモニア冷却ラインを接続するための回転機構など、ISS用のシステム機器です。

カーゴが種子島宇宙センターに集まり始めたのは8月です。9月中には全部積み終わり、その後4つに分かれている各部（与圧キャリア、非与圧キャリア、電気モジュール、推進モジュール）を全部結合しました。現在はフェアリングに収め、H-ⅡBロケットの先端に取り付けてあります。この後、打ち上げの1週間くらい前にレイトアクセスといって、最後のカーゴを積み込みます。

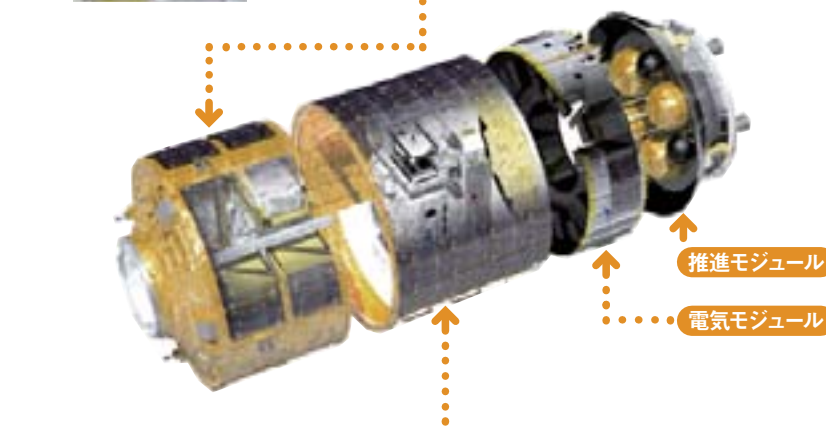
「こうのとり」2号機が運ぶ物資

【補給キャリア与圧部】船内用補給物資を搭載

CTB（カーゴトランスファーバッグ）
食料品：レトルト品、乾燥食品、菓子類、飲料、日本食など
実験用試料：「きぼう」の実験用
ISS補給品：NASAや「きぼう」の保全用品
宇宙飛行士の日用品：衣類、石鹸、シャンプーなど

温度勾配炉
半導体材料の結晶成長などを行うための実験ラック

多目的実験ラック
装置の交換によりさまざまな実験が可能な実験ラック。今回は燃焼実験装置を搭載

推進モジュール
電気モジュール

【補給キャリア非与圧部】曝露パレットを搭載

CTC（曝露カーゴ輸送用コンテナ）
電力分配器、ビデオ中継器などの保全用コンポーネントを搭載

FHRC（フレックスホースロータリーカプラ）
ISS外部に設置されている放熱用ラジエータと、アンモニア冷却ラインを接続する回転機構の一部

22名の新メンバーと共にミッション全体を徹底的に把握

——レイトアクセスではどのようなものを積むのですか。

麻生 食糧品の一部や骨粗鬆症用の予防薬、それから校正期限のあるセンサーなどです。単純に9月に間に合わなかったものも中にはあります。

——1号機の打ち上げの際には100回以上も訓練を行ったというお話をうかがいました。今回はどうですか。

麻生 「こうのとり」2号機ではそんなにはしていませんが、それでも60回ぐらい行っています。チームの22名は新しいメンバーですから。全員でやる訓練だけでは足りないので、ポジションごとに自習をしたり、手順書を作ってもらい、それを修正していく中で勉強したり、種子島で運用試験があるときにはなるべく立ち合って、システムの動きを見てもらったりしています。

どこでもやっている仕事ではないので、非常に貴重な経験だと思います。ちょっとした判断ミスがすぐに重大な事故につながるというプレッシャーもあるのですが、それをチームワークで乗り越えて行くという楽しさがあります。

——チームワークは非常に大事なのでしょうね。

麻生 そうですね。訓練はそのためにやっているようなものですから。自分がどんな動きをするとチーム全体がどう動くのかということを何十回もかけて、体で覚えるんです。たとえば、実際に打ち上げ日と同じ作業をしてみるという「Y−0 リハーサル」と呼ばれているものがあります。ロケットと「こうのとり」2号機を全く本番と同じように動かしてみるんです。スイッチも入れるし、データもロードするし、パラメータもセットします。打ち上がった後の訓練もあります。「こうのとり」2号機がロケットから分離されてデータが届き始めてからの訓練ですね。

——NASAと一緒の訓練もあるんですよね。

麻生 打ち上げ直後はまだISSから遠いので、統合運用に入っていませんが、ISSに接近して把持するところはNASAとつなぎ、お互いのシミュレーターを同期させて何回も訓練します。

——運用の方法が1号機と変わったところはありますか。

麻生 大きく言うと、同じです。ただし細かく言うと、ISSの真下で最初に止まるポイントが前回は300mだったのを、今度は250mにしてスラスタの負荷を減らした、というような違いはたくさんあります。

——宇宙ステーション補給機はこれから1年に1回打ち上げていくわけですが、そのための運用方法は、技術実証機である1号機の経験をふまえ、「こうのとり」2号機ででき上がっていくという見通しでしょうか。

麻生 まさしくおっしゃる通りです。1回だけでは分からないこともあるし、もしかしたらわれわれがそうだと信じていたことが偶然だったかもしれない。もう一度ほぼ同じ手順と経路でISSに近づいて、うまく行くということを見極めれば、運用の完成度は上がると思います。

——手順書もずいぶん書き直したのではないですか。

麻生 1号機の経験やデータを見て手順を変えたところがありますし、誰が見ても誤解を生まないような表現に変えたり、そういう修正をたくさん行っています。手順書は全部で1800種類以上あります。このほかにNASAとの手順書も数百種類あります。各システムの担当者は、何かが起きたとき、自分の担当の手順書の番号を空で言えるようになっていなければなりません。そこまで訓練をします。

——1号機の時はプレッシャーが大きかったと思いますが、今度はいかがですか。

麻生 あの時は何もかもが初めてでしたが、今度は1号機でデータが取れています。過信しているわけではありませんが、今回は何があっても、こういう手順書があるから大丈夫という確信はある程度あります。前回ほどの緊張はありません。

宇宙ステーションへの補給能力

実証機である「こうのとり」1号機に積んでいた予備のバッテリや推進薬を「こうのとり」2号機では降ろしたため、より多くのカーゴを積めるようになった。

「こうのとり」1号機
合計4.5トン
うち船内物資
1補給ラックあたり
26バッグ分（Type-2）

輸送能力アップ

「こうのとり」2号機
最大6.0トン
うち船内物資
1補給ラックあたり
最大34バッグ分（Type-4）
さらに床下に6バッグ分

カーゴ積み込みの流れ

1 種子島宇宙センターへ運び込まれたカーゴは、重量を測定し、規定のサイズになっているかどうかを厳重にチェック。

カーゴのサイズをチェックする道具（左）と実際に測っているところ（右）。小サイズ（緑）、中サイズ（青）、大サイズ（赤）に色分けされている。1㎝大きくても小さくても棚への搭載に支障がある。小さすぎる場合は隙間材で埋めるなど工夫をこらす。

2 搭載レイアウトの計算結果に従って補給ラックに物資輸送用バッグを搭載。

3 補給ラックをうつ伏せにし、横倒しの与圧部へ搬入。

4 ラックを立ててラックベイへ組み込み、完了。

真上から見た与圧部の内部（28バッグ分のレイトアクセスカーゴ搭載前の状態）。

世界唯一のCO_2観測衛星として注目が集まる

「いぶき（GOSAT）」観測データの解析作業が佳境に

メタンや二酸化炭素（CO_2）などの温室効果ガスは、気候変動を通じ人類の行く末に大きな影響を与えると懸念されている。2010年暮れにメキシコで開かれたCOP16（気候変動枠組条約締約国会議）でも、12年までの各国の削減目標を定めた「京都議定書」の延長をめぐり、激しい議論が戦わされた。温室効果ガスの削減は喫緊の課題と認識されているものの、コンセンサスの前提となる「CO_2の吸収・排出のメカニズム」については、まだ分かっていない部分も多い。地球規模で温室効果ガスの分布や変化を把握するという世界初のミッションに挑む「いぶき」は、まもなく打ち上げから3年目に入る。衛星の状態は良好で、日々膨大な量の観測データが取得され、それらは所定の処理を経て各国の研究機関・研究者へ配布されている。JAXAと環境省、そして国立環境研究所が共同で当たる「いぶき」の、データ解析の現況を同研究所GOSATプロジェクトリーダーの横田達也氏に聞いた。

（取材・文／喜多充成）

世界初のデータに直接触れていられる幸せ

―横田さんと「いぶき」との関わりは？

横田 GOSATプロジェクトのスタート以前からです。「みどり」と「みどりII」（※）に搭載されていたILAS／ILAS－IIというセンサに関わっていました。これらは、地球のへりをかすめ、大気を通り抜けて届く太陽光を利用し、大気中の成分を精密に測るセンサでした。残念ながらどちらも1年に満たず観測を終えることになりましたが、これらのセンサの後継機としてのGOSATにも関わるようになりました。

―「いぶき」の新しい点はどこに？

横田 「みどり」「みどりII」はいわば欧米の「後追い」のセンサでしたが、「いぶき」がそれらと違うのは、CO_2をキチンと測るために計画され設計され、宇宙からの観測を行う世界初の衛星である点です。自分が立ち上げから関わった衛星センサからの、世界初のデータに直接触れていられるのは、研究者としてたいへん幸せなことですね。

※地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」（ADEOS・1996年8月―1997年6月）、環境観測技術衛星「みどりII」（ADEOS－II・2002年12月―2003年10月）

―「日本が先頭を走っている」とのことですが、この分野での欧米の動向は？

横田 欧州は2002年に打ち上げた観測衛星ENVISAT搭載のセンサを使ってCO_2の計測にトライし、主に06年からその成果を公開してきました。もともとCO_2計測を主目的としたセンサではなかったため、データ解析の精度を高めるのにたいへん苦労をしたと聞いています。その後彼らは衛星によるCO_2計測について、綿密な検討を重ねた上で、所定の精度を得るには時期尚早であろうと計画を断念しています。

―「ハードルはかなり高い」との認識なんですね。では米国は？

横田 NASAのJPL（※）がOCOという観測衛星を計画し、「いぶき」のちょうど1カ月後に打ち上げましたが、フェアリングが開かず、衛星は南氷洋に落下しました。

※惑星探査などでも知られるジェット推進研究所。カリフォルニア州。

―現在は、日本の「いぶき」が唯一の衛星というわけですね。

横田 残念ながらそうなってしまいました。OCOが予定通りに運用されていれば、同じ時刻に同じ地点を観測したデータを突き合わせ、センサの校正や解析結果の比較などの協力をする予定でした。お互いに得られるメリットも大きかったはずで、とても残念です。

―米国は温室効果ガスの削減目標を定めた京都議定書には参加していませんが？

横田 しかし「観測データを自前で持たなければならない」という意思は強く持っているように感じますね。「いぶき」が上がり、データを公開し始め、各方面からの反応や反響から改めてそれを強く感じます。科学的な興味はもちろんですが、地球環境問題の中でも最もホットなのが温暖化ガスの問題です。その議論のベースとなるのは全球のCO_2の精度がよい観測データですから。

―自前で観測データを持つことは、議論を進める上でも有力なカードとなるし、「日本がやるのに、米国がやらないわけにはいかない」という部分も？

横田 他の地球観測衛星以上に、より強いモチベーションが働いているのではないかと感じますね。

「いぶき」の生データはいわば〝原石〟

―しかし「いぶき」の観測データ処理の内容は、とても難解です。

横田 提供するデータのかたまりを「プロダクト（生成物）」と呼んでいますが、この種のデータを扱うのはそれを専門にしてきた研究者がほとんどですから、つい難しい言い方になってしまいますね。

―理解の助けのために、こういうアナロジーはどうでしょうか。「衛星データの解析とは、鉱石を掘り出し、製品をつくる作業に似る。より良い鉱石を選び出す〝選鉱〟や、電気化学プロセスで純度を高める〝精錬〟など、それぞれの段階で異なる技術やノウハウが求められ、そのどれもが高水準でないと質の高い製品も得られない」。

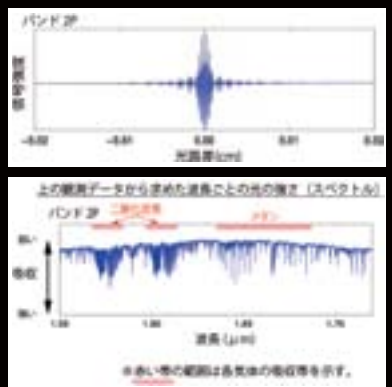
横田 まさにそう理解してもらっていいと思います。「いぶき」の生データはいわば〝原石〟であり、われわれのミッションは、その原石を磨き質の高い製品（プロダクト）として世に出すことである、ということになります。

―データ処理のさまざまな段階で、その「プロダクト」がどんどん公開されていますね。

横田 パーフェクトなものを待って公開する考え方もありますが、世の中からの期待も非常に高く、まずは最初のデータ公開を急ぎました。打ち上げから4カ月後の09年5月に、未校正値ではありますが最初の解析結果を公開、翌年2月からはバージョン0・5として、全球の解析結果を一般に公開しました。

―それはかなりのスピード公開なのですね？

横田 海外の研究者には驚かれました。世界的にこの種の観測では初データまで1年、校正済みデータに2～3年というケースが普通でしたから。衛星そのものが順調だったことも大きいですね。

研究者に対するマーケティングの意識も必要

―現在、データ解析はどんな段階ですか？ 観測で得られた値を入れると、自動的に結果が出てくるような「計算式」が見いだせればすべてOK、というものでもなさそうですね。

横田 そもそもが非線形現象（※）なので、そんなに簡単にはいきません。CO_2やメタンなどの値を仮定し、スーパーコンピューター（※※）を使ってシミュレーション計算をします。そうやって得られたスペクトルと実際の観測スペクトルとを、数百～数千ポイントを選んで比較し、どの程度一致するかを見ながら、値を変えて何度も計算を繰り返す……。そうすることで真の値を見出す「非線型最小二乗推定」という手法をとります。

※気象などのように、単純な計算式では記述できない現象のこと。カオス現象も典型的な非線形現象。

※※解析アルゴリズムを磨くため使われる環境研のスーパーコンピューター「GOSAT RCF」は、電力の利用効率を競うスパコンのランキング「Green 500」で世界第10位にランクインした。

横田達也
YOKOTA Tatsuya
国立環境研究所
GOSATプロジェクトリーダー
（独立行政法人国立環境研究所
地球環境研究センター・衛星観測研究室
地球温暖化研究プログラム
衛星観測研究プロジェクトリーダー）

上から2010年4月・7月・10月のCO_2濃度の全球分布。（正式名称は「CO_2全球カラム平均濃度分布図＝FTS SWIR レベル3データプロダクト」）。地表を約250km四方で区切り、当該エリアのその月の観測データを平均したもので、暖色となるにつれCO_2濃度が高い。北半球の夏にあたる7月には、他の月に比べ高緯度地方でCO_2濃度の低い部分が多く見受けられる

センサから得られた生のデータ「干渉光」（上）と、それに数学的な処理を施して得られた「スペクトル」（下）。波長ごとの光の強さを示したもので、目に見えない赤外域での、いわば「虹の各色の濃淡」を示している

CAI全球輝度プロダクト：CO_2濃度などが解析可能な地点は雲のない晴天域に限られる。そこで「いぶき」には観測に悪影響を及ぼす雲やエアロゾル（塵）の有無を判定するためのセンサが搭載されている。中央は雲を取り除く処理を施した画像。広い視野を紫外と可視光域で継続的に観測することから、火山噴火にともなう噴煙（写真右／欧州の航空網を混乱させたアイスランドの火山の噴煙。2010年4月、英国政府に画像提供）や黄砂などの観測にも役立てられるようになった。学術的な価値だけでなく、見て美しい画像データでもあるため、さまざまな形で一般向けに提供され、アウトリーチの面での活用も期待されている

——何度もシミュレーション計算を繰り返す……。かなりコンピュータを酷使しているように聞こえます。

横田　スパコンの処理能力が上がったからこそ、こうした解析が現実的に可能となっています。昔は考えも及ばなかったことですね。

——そうやって得られた「プロダクト」が、政策決定に影響を与えることになるまでには、どういうプロセスを経ることになるんでしょうか。

横田　データの質が、科学論文での使用に耐える品質であることがまず重要です。そして、書かれた論文がきちんとした論文誌に発表され、新たな科学的知見や成果が評価されること。さらにＩＰＣＣ（気候変動に関する政府間パネル）の第5次評価報告書に反映されるかどうか……。そこまで行ってはじめて、政策決定に資する材料となるわけです。

——まだまだ長い道のりです。

横田　待っていれば自動的にそうなるわけではないので、データの品質を高めた上で、われわれからもデータの利用を積極的に働きかけなければなりません。

——いわばユーザーである研究者に対するマーケティングの意識も必要ですね。

横田　まさにそうなんです。世界中の研究者に優先的なデータ利用を呼び掛ける公募も今回（11年1月採択決定の予定）で第3回を数えましたが、これもそうした考えが背景にあってのことです。

——公募で寄せられた興味深いテーマや有能な研究者に、研究費を提供したりスカウトしたりというアクションも必要になるのでは？

横田　悩ましいところです（苦笑）。いずれにせよ、データというのは「使ってもらってナンボ」なので、さまざまな機会をとらえて利用推進を呼び掛けたいと思っています。

——研究者としてこの仕事に関わって、どんなことを感じていますか？

横田　温暖化ガスの問題はわれわれの世代に限らずその次以降の世代が影響を受ける問題です。ハードルは高いが、非常に夢のある研究だと思っています。また、先ほどの鉱石の例でいえば、原石に当たるのはデータですから、磨いても磨いてもなくならない。よりよい磨き方を見出すため何度でもやり直せるわけです。だからこそ、より多くの人にこのチャレンジに加わってほしいと思っています。

——ダイヤモンドの原石をキラリと光らせるような、ブリリアントな成果を期待しています。

横田　そういえば、どちらも〝炭素〟ですからね（笑）。

「いぶき」が作った〝空気〟

中島正勝
NAKAJIMA Masakatsu
JAXA宇宙利用ミッション本部
衛星利用推進センター
ミッションマネージャ

「だいち」のような地形を見る観測衛星と違い、気体を測る「いぶき」には本質的な難しさがあります。同じ場所を観測したとしても観測日が違えば出てくる値も違うわけですから、校正が非常に難しい。気圧や標高も観測値に大きく影響を及ぼしますが、推測に頼らざるを得ない部分もある。そうしたハードルを乗り越えつつ、研究の基本的な素材となるレベル１プロダクツ（スペクトルと、雲エアロゾルセンサによる輝度分布データ）を順調に世に送り出すことができています。

「いぶき」の観測は雲や空気中のチリなどにジャマされるので、精度のよい解析ができる観測データは全体の１～2%程度にすぎません。しかし地上に設置された観測サイトが約300カ所、うち過去１年以内にデータが更新されているサイトが200カ所に満たないことを考えると、観測データがケタ違いに増えたのも間違いないこと。衛星による温室効果ガス観測で先頭を切って走っていることに充実感を味わいながら、大きな責任も感じています。

NASAのJPLとは、OCOの打ち上げ以前から緊密な協力関係を構築しています。ノウハウの蓄積も研究パワーも圧倒的なJPLは、50人近い科学者のチームを組織していましたが、打ち上げに失敗したことで解析すべきデータが手に入らない。そこで「いぶき」の詳細な観測データを提供し、彼らはその解析に全力投球しています。2010年２月にはOCO-2の計画が正式に承認され、責任者のデビッド・クリスプ博士からは「プロジェクトを認めてもらう上でも、GOSATのデータがとても役立った」と感謝されています。

「いぶき」やOCO-2に刺激され、欧州では新たな原理のセンサを小型衛星で実証する計画が検討されているようです。さらに中国やインドからもこの種の観測衛星の計画が聞こえてきます。「自前の観測手段を持たなければならない」という〝空気〟を作ったのは、間違いなく「いぶき」であろうと思っています。

「いぶき」は11年1月で打ち上げから3年目を迎え、春以降には3年分の観測データが貯まってくることになります。前年、前々年と比較することで、科学的にもより確かなことが言えるようになる——、つまり「いぶき」が本当に実力を発揮するのは今年からと言えるでしょう。

また、13年にはOCO-2が打ち上げられます。「いぶき」のデータで準備運動を終えているNASAは、最初から全力で走り出すことでしょう。それまでに「いぶき」がどこまで成果を出せるのか。そして、その成果をいかに後継機につなげていけるのか……。

この分野における日本のプレゼンスを高め、維持していく上でも、このことは非常に重要だと考えています。「いぶき」ががんばることは、日本のために良いことであり、世界のためにも良いことになる。そう確信し、プロダクトの利用促進に努めています。（談）

運用管制室のモニター前にて

宇宙飛行士養成棟の無重量環境試験システム（無重量環境試験棟）を見学した金井宣茂（左）、大西卓哉（中央）、油井亀美也（右）候補者。有人宇宙技術部皆藤達也主任開発員から説明を受けた

宇宙飛行士候補者 筑波宇宙センターで訓練実施

NASAが行っているASCAN（Astronaut Candidate：宇宙飛行士候補者）訓練の一環として、JAXAの油井、大西、金井候補者をはじめとする14名の宇宙飛行士候補者が筑波宇宙センターで訓練を行いました。

2010年10月25日から29日まで、NASAの09年度宇宙飛行士候補者クラスの14名全員が、筑波宇宙センターを訪れました。このクラスには油井亀美也、大西卓哉、金井宣茂の3名のJAXA宇宙飛行士候補者、CSA（カナダ宇宙庁）の宇宙飛行士候補者2名が含まれています。

10年5月にはESA（欧州宇宙機関）の宇宙飛行士候補者6名が来日していますが、日本人宇宙飛行士候補者以外のNASAの09年度宇宙飛行士候補者が来日したのは初めてのことです。

宇宙飛行士候補者は事業推進部の上野精一部長からJAXAの組織、歴史、長期ビジョン、プログラム等について講義を受け、JAXAへの理解を深めました。また、宇宙飛行士養成棟の無重量環境試験システム（WETS）を見学 し、JAXAで行なわれてきた無重量環境を模擬した試験や訓練について説明を受けました。

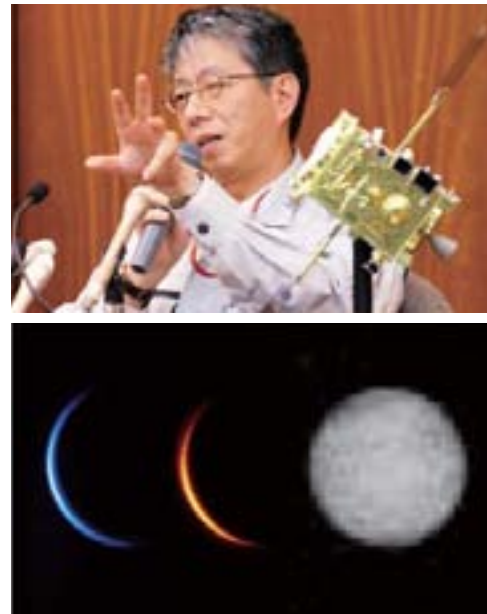
今後シリーズ化して打ち上げられる宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）についての基礎知識を得るため、宇宙飛行士候補者全員が、HTVプロジェクトチームの佐々木宏ファンクションマネージャから JAXAのロケットの歴史とHTVについての講義を受けました。さらに、「こうのとり」1号機のエンジニアリングモデル（フライト相当品）を見学。将来、宇宙飛行士候補者は国際宇宙ステーションで「こうのとり」の運用を行う可能性もあるため、モックアップやバーチャルリアリティ映像を用いて、インストラクターから運用の概要について訓練を受けました。

JAXAの宇宙飛行士候補者3名は宇宙飛行士候補者クラスの中でもリーダーシップを発揮して訓練を行なっています。特に「きぼう」のロボットアームや「こうのとり」の運用訓練では、クラスメートの理解支援を積極的に行なっています。

1 「きぼう」日本実験棟のエアロックトレーナを使って、宇宙空間（「きぼう」曝露部）への物資の搬出方法の説明を受ける金井候補者
2 HTV1のエンジニアリングモデルを見学
3 「きぼう」日本実験棟のロボットアームの説明を受ける油井候補者
4 JAXAの組織や長期ビジョン等についての講義

INFORMATION 1

「あかつき」金星周回軌道投入結果について

金星探査機「あかつき」（2010年5月21日打ち上げ）は、金星周回軌道投入のため、12月7日午前8時49分より軌道調整用スラスタ（OME）の噴射を行いました。しかし予定より短い時間で噴射が停止し、軌道投入に失敗しました。JAXAでは徹底した原因究明を行うとともに、現在の軌道ならば6年後となる金星への最接近時に、周回軌道投入を行うための検討を進めています。また12月9日には3台のカメラで金星を撮影し、カメラが問題なく動作することを確認しています。

右:記者会見に臨むプロジェクトマネージャの中村正人教授
下:あかつきが撮った金星。左から紫外線イメージャ（UVI）、1μmカメラ（IR1=可視光に近い波長の赤外線）、中間赤外カメラ（LIR=長い波長の赤外線）。青色や赤色は着色したもの

INFORMATION 2

川口淳一郎 プロジェクトマネージャ 首相表敬訪問

12月9日、「はやぶさ」プロジェクトの川口淳一郎教授と藤村彰夫教授は、立川敬二理事長とともに首相官邸を表敬訪問しました。タッチダウンや再突入時の模様などを菅直人首相と仙谷由人官房長官に説明し、「はやぶさ」再突入時に撮影された写真パネルを贈呈しました。写真パネルは本誌035号に掲載されたものを引き伸ばしたものです。この模様は政府インターネットテレビでもご覧いただけます。http://nettv.gov-online.go.jp/prg/prg4162.html

左から立川理事長、藤村、川口両教授、菅首相、仙谷官房長官、笹木竜三文部科学副大臣

INFORMATION 3

第17回アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF-17）開催

2010年11月23日～26日、オーストラリアのメルボルンにて「第17回アジア太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF-17）」が開催され、主にアジア太平洋地域の政府関係者、宇宙機関関係者200名以上が参加し、「気候変動に関する宇宙技術と産業の役割」をテーマに活発な議論が行われました。気候変動への対応に関しては、既存イニシアチブのSAFE（Space Applications For Enviroment：宇宙技術による環境監視）への積極的参加、全球気候観測システム（GCOS）の活動報告、JAXAの気候変動観測への取り組み及び衛星データの利用例が紹介されました。また、観測と情報の継続性、宇宙技術と地上の利用との連携及びAPRSAFの役割の重要性が認識されました。

アジア太平洋地域はJAXAの「みちびき」打ち上げ成功により、世界に先駆け複数衛星測位システムの利用環境が可能な地域となっています。この環境を活用した国際協力の可能性について議論するため、APRSAF-17と併せて「第2回アジア・オセアニア地域GNSSワークショップ」が開催されました。同ワークショップでは、「みちびき」のデータを利用した共同研究を含む複数衛星測位システムの利用、共同研究の可能性を実証実験する新たな枠組みが立ち上げられ、参加が呼びかけられました。JAXAは今後もアジア太平洋地域の発展に貢献するために、各国と協力しながら宇宙利用を主導していきたいと考えています。

INFORMATION 4

「はやぶさ」功労者に文科・宇宙開発担当相より感謝状

「はやぶさ」に関わった研究機関や企業を表彰する式典が12月2日、東京・霞ヶ関で開かれ、川口淳一郎教授をはじめ、20大学99企業の関係者ら約200人が出席しました。海江田万里宇宙開発担当相は「国民に夢や希望を与えてくれた」と挨拶。高木義明文部科学相も「不屈の精神と卓越した英知で（様々なトラブルを）克服した」とたたえました。はやぶさのミッションを支えていただいた多くの皆様に、改めて感謝申し上げます。

海江田宇宙開発担当大臣から賞状を受ける川口教授

表彰対象者が多く、式典での記念撮影は3回に分けて行われた

INFORMATION 5

田中靖郎 宇宙科学研究所名誉教授 文化功労者に選ばれる

宇宙科学研究所田中靖郎名誉教授が、X線天文学での優れた業績、観測装置や衛星の開発、及びそれらを用いた観測的研究を推進した功績により文化功労者に選ばれました。田中名誉教授は1953年に大阪大学理学部物理学科を卒業後、東大原子核研究所助手、名古屋大学理学部助教授を経て72年に東大宇宙航空研究所（現宇宙科学研究所）教授に着任。名古屋大学時代には、薄膜入射窓のX線比例計数管を開発し、超軟X線で見た意外な宇宙の姿を明らかにするロケット実験をリードしました。宇宙航空研究所に着任後、エネルギー分解能の優れたガス蛍光比例計数管の開発に成功し、それを用いたロケット観測やX線天文衛星「てんま」の観測によりX線分光観測の分野を大きく発展させました。それは90年代の世界のX線天文学をリードした「あすか」によるX線分光撮像観測に結実しました。宇宙科学研究所時代には、X線天文グループを率い、「はくちょう」による銀河中心までの距離制限、「てんま」の鉄輝線によるX線星周辺物質の診断、「ぎんが」が発見した一連のX線新星からのX線スペクトルによるブラックホールの存在証明、「あすか」の鉄輝線によるブラックホール周辺の相対論的効果の検証など、宇宙物理学の数多くの重要な成果をあげました。田中名誉教授は、現在も最新の衛星データによる宇宙物理学の研究に取り組み、変わらぬ卓抜なアイデアと緻密な論理構成は、後進にとって大きな刺激と励みになっています。

JAXA's
宇宙航空研究開発機構機関誌 No.036

発行企画●JAXA（宇宙航空研究開発機構）
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー
2010年12月28日発行

NEWS

宇宙に触れ、楽しく学ぶJAXA展示館へようこそ

はるか彼方の惑星を探査する人工衛星から、超音速航空機まで。宇宙航空開発や宇宙探査の今に触れてみませんか。
JAXAの各事業所では、実物大模型や体験コーナーなど、楽しみながら学べる多彩な展示を行っています。

❶ 角田宇宙センター

試験に使用したロケットエンジンや複合エンジンなどを展示。屋外には大型液体ロケットエンジンなども展示しており自由に見学することができます。
■開館時間／平日 10:00～17:00　土・日・祝日 10:00～16:00(5月～10月)
■休館日／土・日・祝日(5月～10月は無休)、年末年始(12/29～1/3)
■お問い合わせ／宮城県角田市君萱字小金沢1 TEL:0224-68-3111

❷ 臼田宇宙空間観測所

探査機に指令を送ったり、観測データを受信するアンテナの仕組みを解説。観測所の入り口から研究棟までの小径沿いには、55億分の1に縮小した太陽系の模型を配置し、宇宙の旅を楽しむことができます。
■開館時間／10:00～16:00
■休館日／年中無休、臨時休館日あり
■お問い合わせ／長野県佐久市上小田切大曲1831-6 TEL:0267-81-1230

❸ 筑波宇宙センター

人工衛星による宇宙利用、有人・宇宙環境利用、ロケット・輸送システム、宇宙科学研究・月惑星探査などのテーマごとに、人工衛星の試験モデル、燃焼実験に使われたロケットエンジン、「きぼう」日本実験棟の実物大モデルなど、本物の宇宙開発に触れることができます。
■開館時間／10:00～17:00
■休館日／春・秋の特別公開日、施設点検日、年末年始(12/29～1/3)、臨時休館日あり
■お問い合わせ／茨城県つくば市千現2-1-1 TEL:029-868-2023

❹ 地球観測センター

地球観測衛星の模型や、衛星からの地球画像を見ながら、地球観測の仕組みを学ぶことができます。また、地球観測体験ができる「アースビューアー」や「地球観測ギャラリー」などで地球の表情を見ることができます。
■開館時間／10:00～16:30
■休館日／年末年始(12/29～1/3)、保守点検日(不定期)
■お問い合わせ／埼玉県比企郡鳩山町大字大橋字沼の上1401 TEL:049-298-1200

❺ 勝浦宇宙通信所

ロケットや人工衛星の縮尺模型、気象衛星の画像の展示のほか、追跡管制についてのシミュレーション操作ができます。 また広報用アンテナ(直径18m)を操作できる操作卓もありますのでチャレンジしてみてください。
■開館時間／10:00～17:00
■休館日／年中無休(広報用アンテナの操作は土・日・祝日・年末年始12/29～1/3は休み)
■お問い合わせ／千葉県勝浦市芳賀花立山1-14 TEL:0470-73-0654

❻ 相模原キャンパス

実物大の小惑星探査機「はやぶさ」をはじめ、宇宙科学研究の歴史的な模型などを展示。屋外には世界最大級の能力を持った固体燃料ロケット M-V ロケットの実機模型や、M-3SⅡロケット原寸模型が展示してあります。
■開館時間／9:45～17:30
■休館日／年中無休、臨時休館日あり
■お問い合わせ／神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1 TEL:042-759-8008

❼ 調布航空宇宙センター

小型超音速ロケット実験機や低騒音STOL実験機「飛鳥」、小型自動着陸実験機「ALFLEX」などの展示、宇宙往還機による飛行・操縦を模擬体験できる「スペース・ミッション・シミュレータ」や風洞実験なども体験できます。また、YS-11退役機(機体番号YS-11-118)コックピットも見学できます。
■開館時間／10:00～17:00
■休館日／土・日・祝日、年末年始(12/29～1/3)
■お問い合わせ／東京都調布市深大寺東町7-44-1 TEL:0422-40-3000

❽ 内之浦宇宙空間観測所

ロケットや科学衛星のモデル、科学機器、M(ミュー)ロケット整備塔のモデルなどを展示。見学者のためにビデオを上映できる設備もあります。
■開館時間／8:30～16:30
■休館日／2カ月に1回の特別清掃日、ロケット打ち上げ日
■お問い合わせ／鹿児島県肝属郡肝付町南方1791-13 TEL:050-3362-3111

❾ 増田宇宙通信所

パネル展示やパソコンゲームを通して、人工衛星と追跡管制について学ぶことができます。H-ⅡBロケットや「きぼう」日本実験棟、国際宇宙ステーション、人工衛星の縮尺模型も展示。
■開館時間／10:00～17:00
■休館日／年中無休、臨時休館日あり
■お問い合わせ／鹿児島県熊毛郡中種子町増田1887-1 TEL:0997-27-1990

❿ 種子島宇宙センター

宇宙開発におけるさまざまな分野を実物大モデルやゲームなどを用いて紹介。ロケット打ち上げシアターでは、「H-ⅡAロケット」の打ち上げの模様を大画面と大音響で体感できます。
■開館時間／9:30～17:00 (7～8月は9:30～17:30)
■休館日／毎週月曜日(月曜日が祝祭日の場合火曜日。8月原則無休)、年末年始(12/29～1/1)、臨時休館日あり
■お問い合わせ／鹿児島県熊毛郡南種子町大字茎永字麻津 TEL:0997-26-9244

⓫ 沖縄宇宙通信所

人工衛星の役割やロケットの打ち上げシーケンスを説明したパネル、人工衛星の軌道解説装置、放送衛星(BS)「ゆり」を開発する際に製作された試験機の実物などを展示。ロケット打ち上げなどが視聴できるビデオルームや宇宙開発について学べる宇宙情報ルームもあります。
■開館時間／10:00～17:00
■休館日／年中無休
■お問い合わせ／沖縄県国頭郡恩納村字安富祖金良原1712 TEL:098-967-8211

地図は「だいち」の観測画像などを加工

宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

広報部　〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング3階
TEL:03-6266-6400　FAX:03-6266-6910

JAXAウェブサイト　http://www.jaxa.jp/
メールサービス　http://www.jaxa.jp/pr/mail/